

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**



Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

Aktenzeichen: 102 58 371.4

Anmeldetag: 12. Dezember 2002

Anmelder/Inhaber: Infineon Technologies AG,
München/DE

Bezeichnung: Verfahren zur Inspektion von periodischen
Gitterstrukturen auf Lithographiemasken

IPC: G 03 F 1/00

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 17. Dezember 2003
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

Agurks

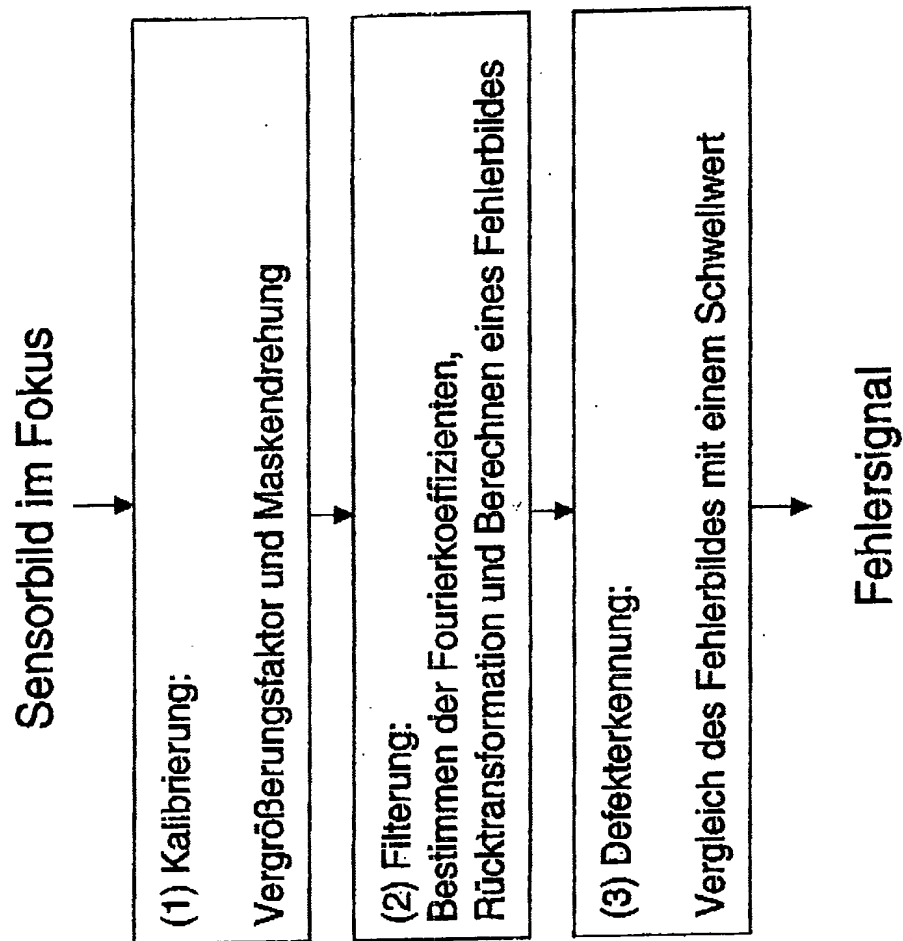


5 **Verfahren zur Inspektion von periodischen Gitterstrukturen
auf Lithographiemasken**

Zusammenfassung

10 Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Inspektion von perio-
dischen Strukturen auf Lithographiemasken mit einem Mikroskop,
mit einer justierbaren Beleuchtung, einem Betätigungselement
zur Bewegung eines Kreutztisches mit der daran befestigten Li-
thografiemaske, um Abbildungen der Lithographiemaske an einem
15 rechnergesteuerten Ort auf der Lithographiemaske aufzunehmen,
wobei Position, Größe und Pitch-Spezifikation der Lithographie-
maske gespeichert werden. Der Erfindung liegt die Aufgabe
zugrunde, die globalen Eigenschaften einer Maske zu charakteri-
sieren und lokale Bildfehler zu erkennen. Gelöst wird die Auf-
20 gabe durch Kalibrierung einer ersten Abbildung jeder Array-
Struktur ausgewählter Orte der Lithografiemaske, Berechnung der
Fourier-Koeffizienten am Bezugspunkt eines Arrays/Beugungs-
gitters, Berechnung eines Restabbildes aus der Differenz zwis-
schen der Originalabbildung des Arrays und der Fouriererweite-
25 rung und Bildung eines Schwellwertes, um ein den Fehler anzei-
gendes Abbild zu berechnen. Die Kalibrierung erfolgt durch Be-
stimmung der Maskendrehung und die Bestimmung der Vergrößerung.
(Fig. 6a)

30

Fig. 6a:

5 **Verfahren zur Inspektion von periodischen Gitterstrukturen
auf Lithographiemasken**

10 Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Inspektion von perio-
dischen Strukturen auf Lithographiemasken mit einem Mikroskop,
mit einer justierbaren Beleuchtung, einem Betätigungselement
zur Bewegung eines Kreutztisches mit der daran befestigten Li-
thografiemaske, um Abbildungen der Lithographiemaske an einem
15 rechnergesteuerten Ort auf der Lithographiemaske aufzunehmen,
wobei Position, Größe und Pitch-Spezifikation der Lithographie-
maske gespeichert werden.

W 20 In der Mikrolithographie werden Halbleiterstrukturen bekannter-
maßen durch die Abbildung einer Struktur, die vorher auf einer
Lithographiemaske erzeugt worden ist, auf einem mit einem Pho-
toresist beschichteten Wafer durch Belichten und nachfolgendes
Entwickeln des Photoresists realisiert.

25 Nach der Fertigung der Lithographiemaske hat diese unterschied-
liche Eigenschaften, die sich von Maske zu Maske ändern. Diese
unterschiedlichen Eigenschaften haben bei der Abbildung dersel-
ben einen erheblichen Einfluss auf die Photolithographie. Es
wird hierbei zwischen allgemeinen (globalen) und lokalen Eigen-
30 schaften unterschieden, die normalerweise spezifiziert sind.

Globale Eigenschaften sind beispielsweise die Abweichung der
Linienbreite (CD-Target Value) vom Zielmaß (Offset Error), so-
wie die Schwankung der Abweichung über das Bildfeld (Uniformity
35 Error). Bei den alternierenden Phasenmasken gibt es Strukturen,

die bei kohärenter Beleuchtung phasenschiebende Eigenschaften besitzen. Diese Phasenschieber werden realisiert, indem man bei den betreffenden Strukturen in das Glas ätzt. Durch Abweichungen von der idealen Ätztiefe kommt es zu unerwünschten Helligkeitsabweichungen, die ebenfalls eine globale Maskeneigenschaft darstellen.

Lokale Eigenschaften sind Defekte auf der Maske, die entweder durch Fehler bei der Maskenherstellung entstanden sind, oder aber nachträgliche Verunreinigungen, z.B. durch Staub.

Das Ziel bei der Herstellung von Lithographiemasken ist daher, eine Lithographiemaske herzustellen, die sämtliche Anforderungen erfüllt. Mit Bezug auf die lokalen Eigenschaften werden die Masken gegenwärtig durch Prozesskontrolle und Qualitätsmessungen geprüft.

Gegenwärtig werden systematische Fertigungsfehler von Lithographiemasken, wie regelmäßige Abweichungen des Linienabstandes (Offset Target Error) und Änderungen der Linienbreite (Uniformity Error) direkt an den Strukturen durch verschiedene SEM-Messungen (Scanning Electron Microscopy) auf vielen Punkten der Maske gemessen. Das ist allerdings ein zeitaufwendiger und unzuverlässiger Bewertungsprozess, da die Messfehler und die schlechte Wiederholbarkeit einer SEM nachteilig sind. So beeinflusst zum Beispiel die Richtung eines Elektronenstrahles das Messergebnis signifikant. Aus diesem Grund ist dieses Verfahren für in Quarz geätzte Lithographiemasken nicht geeignet, da bei diesen keine gut definierten Ätzungen für die SEM-Messung vorhanden sind.

Für neue Maskentechnologien, wie Interferenzmasken, wird die Maskenbewertung sehr schwierig. Interferenzmasken enthalten Trenches (Gräben), die in die Maske geätzt worden sind und eine Beugung (Phasenverschiebung) des durchgeleiteten Lichtes bewir-

ken. Für die Bestimmung der Beugungs- und Übertragungsparameter existiert allerdings kein eingeführtes Verfahren.

Angewendet wird eine Kombination aus einer Tiefenmessung und einer optischen Messung unter Verwendung eines MSM-Mikroskopes (Microolithography Simulation Microscope). Die mit einem solchen Mikroskop erhaltenen Messwerte werden schließlich mit Linienbreitenmessungen von strukturierten Wafern verglichen, um eine Information über den Wert der neu produzierten Lithographiemasken zu erhalten.

Ein weiteres Ziel besteht darin, nun zur Defektinspektion überzugehen. Da einige Defekte auf der Lithographiemaske auf die auf dem Wafer ausgeformten Chips übertragen werden, ist es sehr wichtig eine fehlerfreie Maskenstruktur sicherzustellen. Da jeder Prozessschritt bei der Maskenfertigung unvermeidlich einige Defekte in der Lithographiemaske generiert, ist es notwendig, in der Lage zu sein, Lithographiemasken zu inspizieren und zu reparieren.

Bei der Maskeninspektion wird die Lithographiemaske auf Defekte untersucht und die gefundenen Defekte nach deren Bedeutung für die Lithographie und dem Einfluss auf die Funktionalität des Chips klassifiziert. Maskendefekte, welche die Funktionalität und die Zuverlässigkeit der Chipfunktion gefährden, müssen unbedingt repariert werden.

Die gegenwärtig eingesetzten Prüfeinrichtungen nutzen die Laser Scanning Mikroskopie, um Lithographiemasken auf Defekte zu überprüfen. Dabei wird die Maskenoberfläche mit einem Laserstrahl abgetastet und das reflektierte und übertragene Licht gemessen. Bei defektfreien Bereichen liegt die Summe des reflektierten und des übertragenen Lichtes über einem vordefinierten Wert, wohingegen bei Defekten das Licht gestreut wird, so dass sich die Summe der Intensitäten von einem vordefinier-

ten Wert unterscheidet.

Bei High-End-Masken wird diese Näherung auf verschiedenen Wegen
ausgeweitet, wie z.B., dass anstelle des Vergleiches mit einem
5 konstanten Referenzsignal (Die-to-Database), ein benachbartes
Chip als Referenz für die „Die-to-Die“ Inspection genutzt wird.

Bei Standard-Qualitätsmasken ist diese Näherung einfach und ef-
fizient in Bezug auf die Inspektionszeit und die Kosten. Bei
10 High-End-Masken und insbesondere bei Interferenzmasken leidet
diese Näherung an der Tatsache, dass diese eine unterschiedli-
che niedrigere Wellenlänge als beim abschließenden Lithogra-
phieschritt nutzen. Da aber eine niedrigere Wellenlänge eine
niedrigere Auflösung bedeutet, ist die Empfindlichkeit in Bezug
15 auf Defekte geringer, als beim abschließenden Lithographiepro-
zess.

Ein anderes Problem des Laser-Scanning-Verfahrens ist, dass die
Interferenzmasken (Beugungsgitter) beim Laser Scanning und bei
20 der optischen Abbildung sehr unterschiedlich gesehen werden.

Eine Lösung dieses Problems besteht darin, den lithographischen
Abbildungsprozess mit einem modifizierten Mikroskop zu simulie-
ren. Eine derartige Art von Lithographie-Mikroskopen wird abge-
25 kürzt mit dem Produktnamen MSM (Microlithography Simulation
Microscope) bezeichnet und wird beispielsweise durch die Firma
ZEISS angeboten. Das MSM hat den Vorteil, dass es die gleiche
Wellenlänge wie beim Lithographieprozess, die gleiche Beleuch-
tung der Lithographiemaske und die gleichen optischen Vorgaben
30 für den Öffnungswinkel der Projektionsoptik verwendet.

Im Gegensatz zur lithographischen Belichtung, bei der die Ab-
bildung von der Lithographiemaske verkleinert wird, vergrößert
das MSM das Abbild der Lithographiemaske auf einen Sensor. Wei-
35 terhin kann das MSM nur einen kleinen Abschnitt der Maske

gleichzeitig abbilden.

Beim schrittweisen Abtasten der Lithographiemaske ist es möglich, Abbilder derselben aufzunehmen, die im wesentlichen der Intensität entsprechen, mit der ein Wafer belichtet würde.

Wenn ein Fehler einen starken Einfluss auf die Belichtung des Resists hat, würde dies aus dem Luftbild, welches von dem MSM Mikroskop aufgenommen worden ist, ersichtlich sein. Um das Mikroskop allerdings für die Inspektion nutzen zu können, benötigt man ein Fehlersignal, das den Defekt signalisiert. Somit muss die Lithographiemaske verschiedene identische Chip Layouts aufweisen, so dass das Mikroskop diese Abbildungen paarweise vergleichen kann.

Der Nachteil bei diesem Verfahren ist, dass jedes Abbild durch das allgemeine Rauschen beeinflusst wird und dass das schlussendliche Fehlerabbild ein höheres Rauschen aufweist.

Ein anderer Nachteil dieses Verfahrens ist dessen Komplexität, indem das gesamte Abbild eines Die's in den Speicher des Computers gescannt, justiert und verglichen werden muss. Das erfordert ein beträchtliches Speichervolumen und auch erhebliche Rechenzeit.

Beim Einlegen in eine Maskenstage ist diese bezüglich des Sensors meist leicht verdreht. Dieses Maskenverfahren kann die Verdrehung der Maske und den Vergrößerungsfaktor der Maske mit hoher Genauigkeit bestimmen und korrigieren. Wenn Vergrößerung und Bildverdrehung bekannt sind, kann man die Fourierkoeffizienten bestimmen. Mittels Rücktransformation mittels einer Fourierreihe erhält man ein rekonstruiertes rauschfreies Bild.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, die globalen Eigenschaften einer Maske zu charakterisieren und lokale Bildfehler

zu erkennen.

Die der Erfindung zugrundeliegende Aufgabe wird bei einem Verfahren der eingangs genannten Art gelöst durch Kalibrierung einer ersten Abbildung jeder Array-Struktur ausgewählter Orte der Lithographiemaske, Berechnung der Fourier-Koeffizienten am Bezugspunkt eines Arrays/Beugungsgitters, Berechnung eines Restabbildes aus der Differenz zwischen der Originalabbildung des Arrays und der Fouriererweiterung und Bildung eines Schwellwertes, um ein den Fehler anzeigendes Abbild zu berechnen.

Die Fourierkoeffizienten sind eine vollständige Beschreibung der optischen Eigenschaften einer periodischen Struktur, die jedoch durch Mittelung über das Bildfeld von hoher Güte und Genauigkeit ist. Um die speziellen Abbildungseigenschaften von alternierenden Phasenmasken (Interferenzmasken) zu charakterisieren, ist die Aufnahme der Bildintensität über den Defocus notwendig.

Die Kalibrierung kann durch Bestimmung der Maskendrehung und die Bestimmung der Vergrößerung erfolgen. Das Ziel der Kalibrierung besteht darin, den Winkel der Maskendrehung mit möglichst hoher numerischer Genauigkeit zu bestimmen.

Vorzugsweise erfolgt die Bestimmung des Drehwinkels und der Vergrößerung durch numerische Optimierung, indem der Drehwinkel und der Vergrößerungsfaktor so gewählt wird, dass der Betrag des zugehörigen Fourierkoeffizienten maximal ist.

Um die Kräuselung bei der Berechnung des Restabbildes zu verringern, wird bevorzugt ein zusätzliches Frequenzfilter verwendet.

In weiterer Fortführung der Erfindung werden die Fourierkoeffizienten entsprechend eines Fehler-Bestimmungsalgorithmus

- bestimmt und berechnet, wobei die Fourier-koeffizienten der Hauptposition an vielen Orten der Maske gemessen werden. Die Fourierkoeffizienten werden dann durch Rücktransformation und einen vorgegebenen Intensitätsschwellwert in einen Linienbreitenwert umgerechnet, so dass ein Mittelwert der Abweichung der Linienbreite durch Bildung eines Durchschnittswertes über alle Messpunkte bestimmt wird. Die Lithographiemaske wird zurückgewiesen, falls die Abweichung der Linienbreite größer ist, als ein vorgegebener Schwellwert.
- 10 Eine weitere Ausgestaltung der Erfindung sieht vor, dass zur Bestimmung des Phasenfehlers jede Maskenposition unter unterschiedlichen Brennweiten aufgenommen wird und nachfolgend die Breite der Abbildungslinien und deren Abstände durch Anwendung der Fourieranalyse gemessen wird. Die Abweichung über die Defocussierung wird dann aus der Differenz der benachbarten Zwischenräume bestimmt, falls die Abweichung einen vorgegebenen Schwellwert überschreitet.
- 15 Aus dem rauschfreien Bild und der original Messung lässt sich durch Differenzbildung ein Fehlerbild berechnen. Da das Hauptfeature nun weg ist, lassen sich grobe Bildfehler durch den Schwellwertdetektor leicht erkennen. Für die Defektinspektion ist nur eine Aufnahme im Fokus notwendig.
- 25 Das Verfahren zur Herstellung von Lithographiemasken ist weiterhin gekennzeichnet durch Beschichten, Ätzen, Entwickeln einer Chrommaske, einer Halbtonmaske, oder einer Interferenzmaske als Lithographiemaske, Inspizieren der Lithographiemaske und
- 30 Reparieren der Lithographiemaske.
- Die Reparatur kann mittels Ionenätzen, oder durch Nutzung eines Atommikroskopes für die Mikrobearbeitung der Lithographiemaske erfolgen.
- 35 Die grundlegende Idee dieser Erfindung besteht darin, aus der

Tatsache, dass bei Speicherchips der größte Teil des Designs aus regelmäßigen arrayähnlichen Strukturen besteht, Nutzen zu ziehen. Diese Array-Strukturen sind gleichzeitig die Strukturen mit den härtesten Anforderungen an die Güte der Linienbreiten, der Reparatur und der Defektinspektion.

Wenn die Position, d.h., die vertikale und die horizontale Position eines Arrays vorgegeben ist, kann dieses Array mittels einer Fourieranalyse der Mikroskopabbildung inspiziert werden. Der verbleibende Bereich der Maske kann dann entweder mittels eines der vorerwähnten Die-to-Die Inspektionsverfahren, oder mittels einer konventionellen Laserinspektion mit geringerer Auflösung inspiziert werden.

Wesentlicher Vorteil der Nutzung der Fourieranalyse des Abbildes, verglichen mit der Die-to-Die Inspektion, ist:

Es ist weniger Rechneraufwand (Speicher und Rechnerkapazität) erforderlich, woraus eine Kosten- und Zeiteinsparung resultiert.

Es wird eine bessere Empfindlichkeit erreicht, da nur ein rauschendes Abbild verglichen werden muss.

Es ist auch möglich, Ausgleichsfehler bei Interferenzmasken zu messen. Es ist hier zu berücksichtigen, dass die Charakterisierung von Masken mittels der konventionellen Die-to-Die Inspektionsalgorithmen nicht möglich ist.

Es ist weiterhin möglich, die Masken CD aus der Intensität der höheren Fourier-Koeffizienten zu bestimmen.

Nachteilig bei diesem Verfahren ist lediglich, dass eine Beschränkung auf periodische Strukturen notwendig ist.

Zu berücksichtigen ist aber, dass die Beschränkung auf periodische Strukturen leicht ausgeglichen wird, durch die bessere Empfindlichkeit und die geringeren Anforderungen an schnellere und billigere Rechner.

5

Man kann auch beide Verfahren miteinander kombinieren, so dass die dichten Strukturen durch die Fourier-Analyse inspiziert werden und die peripheren, weniger dichten Strukturen durch die Die-to-Die Inspektion.

10

Neben der Fehlerinspektion ist der Algorithmus auch für die Charakterisierung der Maske geeignet. Es ist möglich, den Bereich des „Off-Target“-Fehlers der Cr Linienbreite auf der Maske zu bestimmen.

15

Zu diesem Zweck wird die Amplitude des Fourier-Koeffizienten des Hauptmerkmalsortes mit einem Referenzwert verglichen. Wenn der Wert geringe/kleiner ist, als der Referenzwert, dann weist die Maske einen großen positiven/negativen Zeichnungsfehler auf. Es ist auch möglich, die Masken-CD-Gleichförmigkeit zu bestimmen. Durch die Wiederholung dieser Messung an vielen Orten erreicht man eine sehr genaue Ganzflächencharakterisierung der Maske.

20

25 Bei Masken nach der Interferenztechnologie können die Beugungsparameter (Phase Shift Parameter) und die Übertragungsfehler durch dieses Analyseverfahren bestimmt werden.

30

Die Erfindung soll nachfolgend an einem Ausführungsbeispiel näher erläutert werden. In den zugehörigen Zeichnungen zeigen:

Fig. 1a: eine Abbildung eines dichten Linienmusters einer Maske;

35 Fig. 1b: die Wiedergabe der Maske nach Fig. 1 nach erfolgter

Fourier-Transformation;

Fig. 2: am Original gemessene Intensitätsfunktionen des gemessenen Abbildes ohne und mit Filterung der Daten;

5

Fig. 3a: ein Fehlerabbild vor der Bildverarbeitung;

Fig. 3b: das Fehlerabbild nach Fig. 3a nach der Bildverarbeitung mit klar sichtbaren wellenförmigen Mustern, die durch Abbildungsfehler der Camera verursacht wurden;

10

Fig. 4a: eine Originalabbildung einer defekten Maske;

Fig. 4b: das Restfehlerabbild der Maske nach der Bildverarbeitung;

15

Fig. 5a: eine Wiedergabe der Defektsignale der defekten Maske ohne Filterung bei einem Schwellwert von 6 %;

20

Fig. 5b: das Defektsignal nach Filterung des Restabbildes mit einem Schwellwert von 6 %;

Fig. 6a: einen Algorithmus zum Auffinden von Defekten für ein periodisches Eingangsbild; und

25

Fig. 6b: einen Algorithmus zur Qualifikation von alternierenden Phasenmasken.

30

Nachfolgend soll das vorgeschlagene Verfahren zur Ermittlung von Defekten kurz erklärt werden.

Fig. 1a zeigt Linienmuster für eine Interferenzmaske mit einem Abstand (Pitch) von 720 nm, aufgenommen mit einem MSM-193 Mikroskop. Für ein unendliches periodisches Gitternetzwerk ergibt die Fourier-Transformation ein diskretes Gitter bei einer Bei-

35

spielfrequenz von $1/\text{Pitch}$. Da das Gitter im Beispiel nicht unendlich ist, sind die resultierenden Spektrallinien durch die Resonanzfrequenz der Bildgrenze begrenzt.

- 5 Bei diesem Beispiel beträgt das Pitch des Gitters 720 nm, wobei aus dem Fourierbild ersichtlich ist, dass das Gitter eine steile Spitze bei einer Frequenz von $1/720$ nm ergibt. Im Fourierbild kann man eine schwache Spitze bei einer Frequenz von $1/1440$ nm sehen (Fig. 1b). Das ist eine spezielle Eigenschaft von Interferenzmasken, die eine derartige (unerwünschte) Intensitätsstörung aufweisen können.

- 15 Bei einer beispielhaften Berechnung der Spitzenamplitude des Hauptmerkmals kann man ein Referenzmuster durch eine inverse Fourierreihen-Erweiterung berechnen.

- Fig. 2 zeigt das Ergebnis des rekonstruierten Signals, das mit Fourier-Koeffizienten bei einer Grundfrequenz von $1/720$ nm und $1/1440$ nm erhalten wird. Die Differenz zwischen dem gemessenen Abbild mit der Fourier Rekonstruktion liefert ein Fehlerabbild, das für die Fehlerdetektion verwendet werden kann.

- Fig. 3b zeigt das resultierende Fehlerabbild nach der Subtraktion der Fourier-Referenz vom gemessenen Abbild (Fig. 3a). Wie zu erkennen ist, entsteht eine schwache Kräuselung in der Gitterperiode, aber auch einige wellenförmige Muster, die aus einem Abbildungsfehler der Camera resultieren. Durch Anwendung eines zweiten Filterschrittes, der einen ringförmigen Bandpass-Filter um die Gitterfrequenz nutzt, kann die Kräuselung weiter reduziert und der Kontrast des Defektes weiter vergrößert werden.

- Zu berücksichtigen ist hier, dass der Defekt nicht durch die Maske verursacht worden ist. Diese Abbildungsstörung wurde durch ein Staubkörnchen auf der Linse der CCD Kamera verursacht. Der

zugehörige Algorithmus ist in Fig. 6a zusammengefasst.

Im zweiten Beispiel (Fig. 4a, b) wurde die Fourier-Filter-Technologie auf ein Abbild einer getesteten defekten Maske angewendet. Wie aus Fig. 4a Seite ersichtlich ist, sind die Defekte im Restabbild klar sichtbar und können durch einen Schwellwertschalter erkannt werden.

Fig. 5a zeigt eine Wiedergabe der Defektsignale der defekten Maske ohne Filterung bei einem Schwellwert von 6 % und Fig. 5b das Defektsignal nach Filterung des Restabbildes mit einem Schwellwert von 6 %.

In den soweit dargestellten Beispielen wurde nur ein Liniengitter für die Fourierbearbeitung verwendet.

Durch die Vereinfachung ist das Verfahren nicht nur auf Liniengitter beschränkt. Es ist möglich, das Verfahren auf zweidimensionale Gitter, wie Kontaktlöcher oder Trench Arrays anzuwenden. Der zugehörige Algorithmus ist in Fig. 6a zusammengefasst.

5 **Verfahren zur Inspektion von periodischen Gitterstrukturen
auf Lithographiemasken**

Patentansprüche

- 10 1. Verfahren zur Inspektion von periodischen Strukturen auf ei-
ner Lithographiemaske mit einem Mikroskop mit einer justierba-
ren Beleuchtung, einem Betätigungselement zur Bewegung eines
Kreuztisches mit der daran befestigten Lithographiemaske, um
15 Abbildungen der Lithographiemaske an einem rechnergesteuerten
Ort auf der Lithographiemaske aufzunehmen, wobei Position,
Größe und Pitch-Spezifikation der Maske gespeichert werden,
g e k e n n z e i c h n e t d u r c h Kalibrierung einer ers-
ten Abbildung jeder Array-Struktur ausgewählter Orte der Litho-
20 grafiemaske, Berechnung der Fourier-Koeffizienten am Bezugs-
punkt eines Arrays/Beugungsgitters, Berechnung eines Restabbil-
des aus der Differenz zwischen der Originalabbildung des Arrays
und der Fouriererweiterung und Bildung eines Schwellwertes, um
ein den Fehler anzeigendes Abbild zu berechnen.
- 25 2. Verfahren nach Anspruch 1, d a d u r c h g e k e n n -
z e i c h n e t, dass die Kalibrierung durch Bestimmung der
Maskendrehung und die Bestimmung der Vergrößerung erfolgt.
- 30 3. Verfahren nach Anspruch 2, d a d u r c h g e k e n n -
z e i c h n e t, dass die Bestimmung des Drehwinkels und der
Vergrößerung durch numerische Optimierung erfolgt, indem der
Drehwinkel und der Vergrößerungsfaktor so gewählt wird, dass
der Betrag des zugehörigen Fourierkoeffizienten maximal ist.
- 35 4. Verfahren nach den Ansprüchen 1 bis 3,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass ein zusätzliches Frequenzfilter verwendet wird, um die Kräuselung im Restabbild zu verringern.

5 5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass die Fourier-Koeffizienten entsprechend eines Fehler-Bestimmungsalgorithmus bestimmt und berechnet werden, dass die Fourier-Koeffizienten der Hauptposition an vielen Orten der Maske gemessen werden, dass die Fourier-Koeffizienten durch Rücktransformation und einen vorgegebenen Intensitätsschwellwert in einen Linienbreitenwert umgerechnet werden, dass ein Mittelwert der Abweichung der Linienbreite durch Bildung eines Durchschnittswertes über alle Messpunkte bestimmt wird, und dass die Lithografiemaske zurückgewiesen wird, falls die Abweichung der Linienbreite größer ist, als ein vorgegebener Schwellwert.

20 6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass zur Bestimmung des Phasenfehlers jede Maskenposition unter unterschiedlichen Brennweiten aufgenommen wird, dass nachfolgend die Breite der Abbildungslinien und deren Abstände durch Anwendung der Fourieranalyse gemessen wird, und dass die Abweichung über die Defocussierung aus der Differenz der benachbarten Zwischenräume bestimmt wird, wenn die Abweichung einen vorgegebenen Schwellwert überschreitet.

30 7. Verfahren zur Herstellung von Masken nach den Ansprüchen 1 bis 6, g e k e n n z e i c h n e t d u r c h Beschichten, Ätzen, Entwickeln einer Chrommaske, einer Halbtonmaske, oder einer Interferenzmaske als Lithographiemaske, Inspizieren der Lithographiemaske und Reparieren der Lithographiemaske.

8. Verfahren nach Anspruch 7, d a d u r c h g e k e n n -

z e i c h n e t, dass die Reparatur mittels Ionenätzen vorgenommen wird.

9. Verfahren nach Anspruch 7, d a d u r c h g e k e n n -

5 z e i c h n e t, dass die Reparatur durch Nutzung eines Atom-
mikroskopes für die Mikrobearbeitung der Lithographiemaske erfolgt.

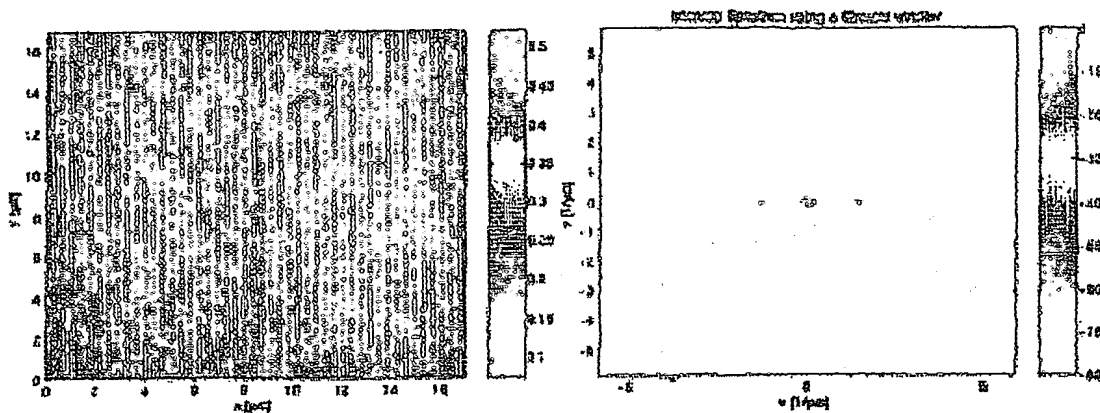


Fig.1a

Fig.1b

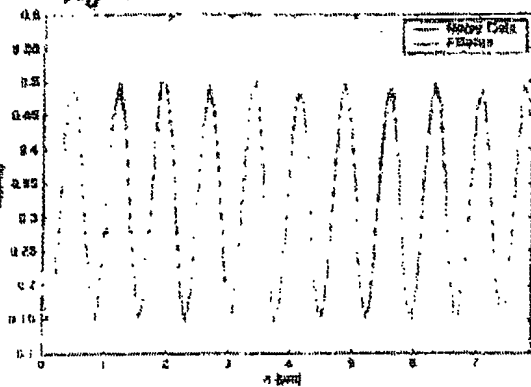


Fig.2

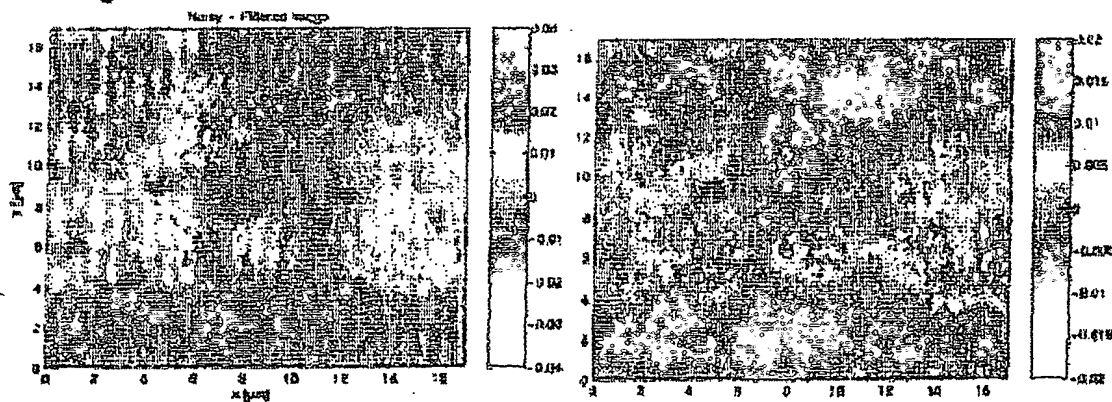


Fig.3a

Fig.3b

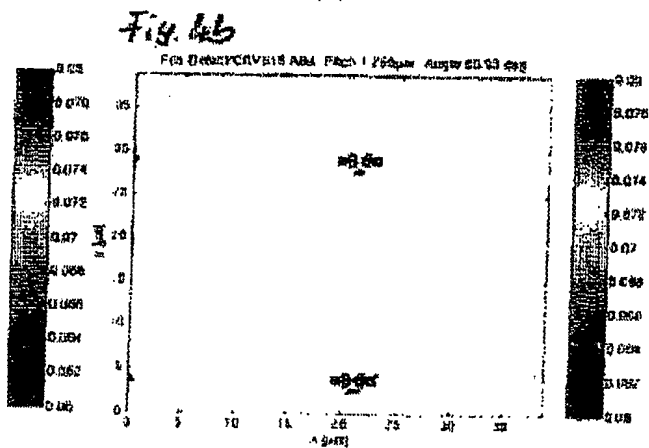
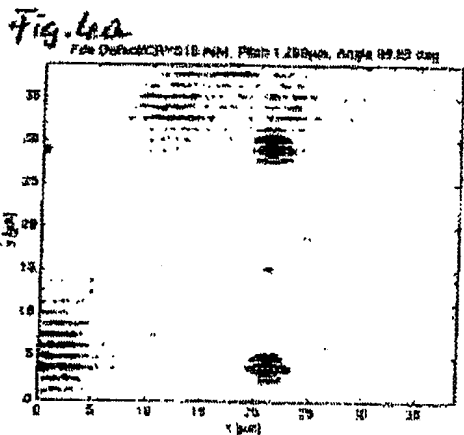
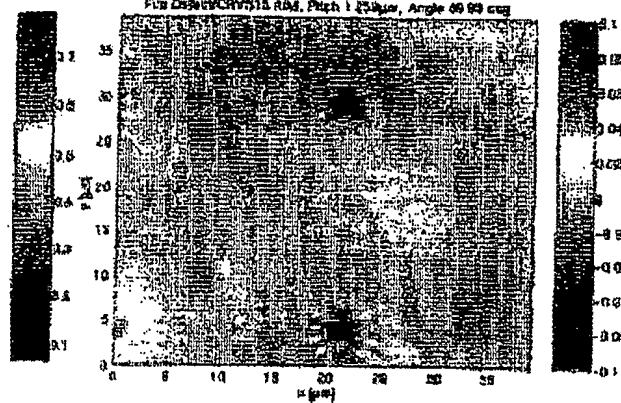
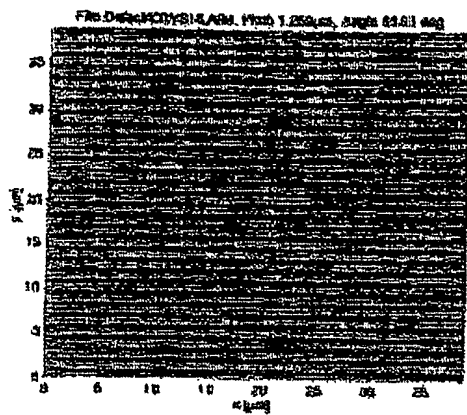


Fig. 6a:

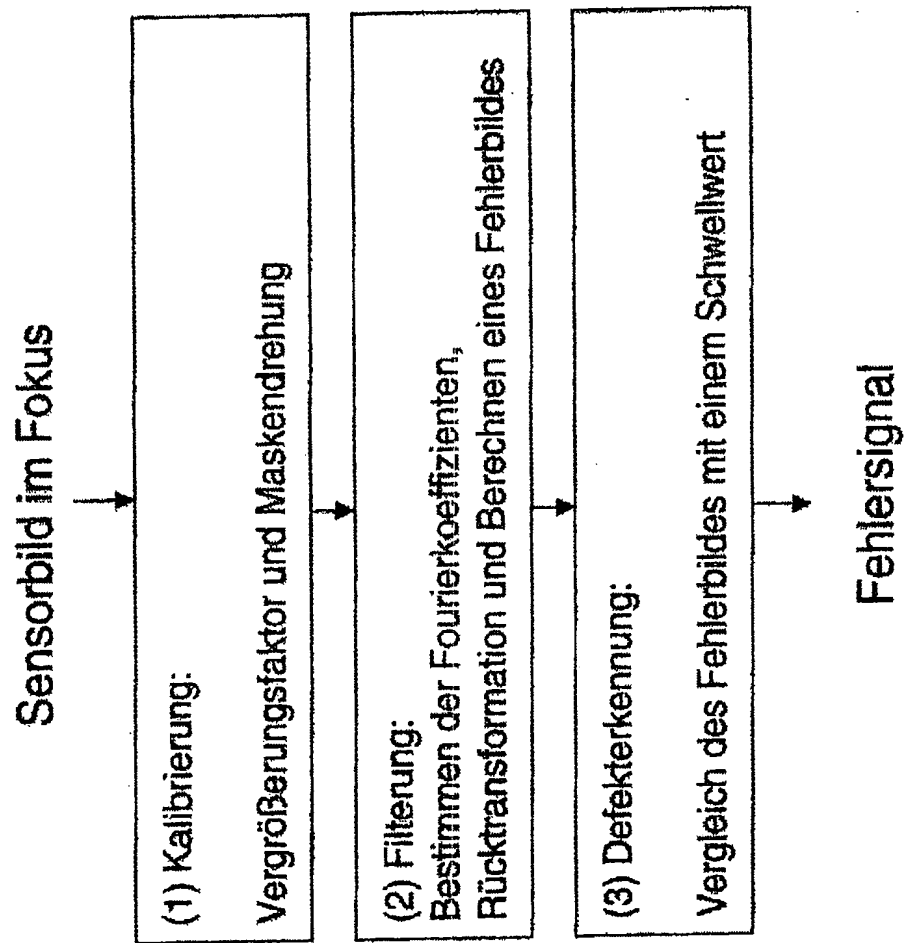
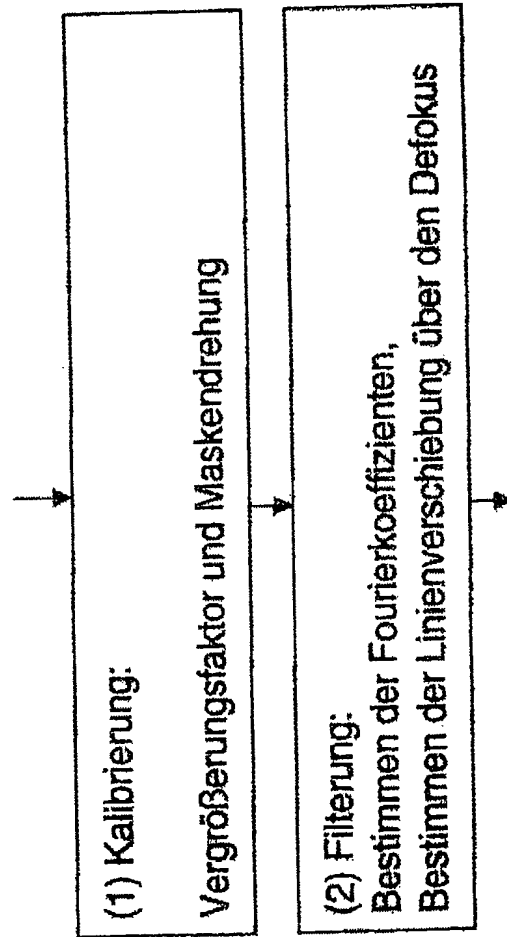


Fig. 6 b:

Sensorbilder aufgenommen
in mehreren Fokusschritten



Bei zu großer Linienverschiebung => Verwurf der Maske